

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS IBIRUBÁ**

IGOR DILLY MARTINS

**INFLUÊNCIA DE MANEJOS DE SOLO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-
HÍDRICAS DO SOLO**

Ibirubá, 2023.

IGOR DILLY MARTINS

**INFLUÊNCIA DE MANEJOS DE SOLO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-
HÍDRICAS DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^ª. Daniela Batista dos Santos

Coorientadora: Prof^ª. Sandra Meinen Cruz

Ibirubá, 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá pela oportunidade de me graduar em uma instituição tão excelente.

Agradeço também ao meu pai, Gilmar Alves Martins, a minha mãe, Neiva Marcia Dilly Martins, também ao meu irmão, Iago Dilly Martins por todo apoio, carinho, amor e incentivo para seguir em frente em busca dos meus objetivos.

Agradeço ao meu colega e amigo Douglas Machado Demboski pela parceria e apoio durante toda a graduação e confecção deste projeto, pelos meses de esforço e trabalho que foram necessários para conduzirmos essa pesquisa.

À professora e orientadora, Daniela Batista dos Santos, pela oportunidade de participar desta pesquisa, agradeço também pela parceria e dedicação na qual nunca mediu esforços para ajudar e colaborar com nosso projeto, passando confiança e dando apoio para que tudo desse certo.

Aos demais professores da instituição por todos os ensinamentos durante a graduação que com toda a certeza foram e serão de grande importância para meu crescimento e futuro profissional.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Agronomia
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

INFLUÊNCIA DE MANEJOS DE SOLO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO- HÍDRICAS DO SOLO

AUTOR: IGOR DILLY MARTINS
ORIENTADORA: DANIELA BATISTA DOS SANTOS
Ibirubá/RS, 23 de janeiro de 2023

O sistema plantio direto é uma prática que revolucionou o manejo de solo na agricultura brasileira. No entanto, algumas de suas premissas não estão sendo atendidas, o que tem causado limitações hidro-físicas-químicas no solo, principalmente, em profundidade. Logo, se faz necessária a procura por alternativas de manejo do solo que possam descompactá-lo sem mobilizá-lo por completo, ou seja, mantendo a palha e toda a camada que foi construída após a consolidação do plantio direto. O descompactador rotativo com rolo faca (Vollverini) é um equipamento recentemente lançado no mercado, seu funcionamento se dá por hastes que são inseridas de forma alternada no solo, o que possibilita a descompactação mantendo a cobertura vegetal. Nesse sentido, há uma lacuna de informações acerca de qual a melhor opção para a descompactação do solo. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de manejos do solo após cultura de cobertura do solo e em área pastagem sobre as propriedades físico-hídricas do solo. O experimento foi realizado na área experimental do IFRS – Campus Ibirubá. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 3, tendo 3 repetições. Para a condução deste experimento foi trabalhado em dois diferentes manejos de culturas de inverno (aveia para cobertura x pastejo) e três manejos de solo (descompactador rotativo com rolo faca Vollverini, subsolador convencional e sistema plantio direto). Foram avaliadas a taxa de cobertura vegetal (antes e após os manejos de solo e após a semeadura da soja), rugosidade e a infiltração de água do solo. Pode-se observar que antes dos manejos de solo, a área de pastagem obteve uma menor taxa de cobertura vegetal comparada com a área de cobertura. Após os manejos de solo, o subsolador convencional foi o tratamento com menor taxa de cobertura, o descompactador rotativo Vollverini apresentou baixa redução da taxa de cobertura e o SPD se manteve quase que inalterado. Após a semeadura, houve uma mobilização do solo devido ao tráfego da semeadora, a qual acarretou uma redução de 30% da taxa de cobertura do SPD, no entanto, no tratamento com o Vollverini ocorreu uma redução de apenas 2,83%. Os dados obtidos da rugosidade do solo não obtiveram diferença estatística significativa em nenhum dos tratamentos avaliados. Em ambos os manejos de inverno, o descompactador rotativo Vollverini apresentou uma maior taxa de infiltração inicial, porém ao final do teste se estabilizou mais rapidamente. Na avaliação de infiltração acumulada, na área de pastagem o descompactador rotativo Vollverini obteve maiores valores de infiltração acumulada, porém na área de cobertura o subsolador convencional obteve um valor ligeiramente superior de infiltração acumulada. Em ambos os testes o SPD obteve os menores valores.

Palavras-chave: Sistema plantio direto. Compactação do solo. Taxa de cobertura. Rugosidade. Infiltração de água.

ABSTRACT

Completion of course work

Agronomy Course

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

INFLUENCE OF SOIL MANAGEMENT ON THE PHYSICAL AND WATER PROPERTIES OF SOIL

AUTHOR: IGOR DILLY MARTINS

ADVISOR: DANIELA BATISTA DOS SANTOS

Ibirubá/RS, January 23, 2023

The no-till farming system is a practice that has revolutionized soil management in Brazilian agriculture. The no-till farming system is a practice that has revolutionized soil management in Brazilian agriculture. However, some of its premises are not being fulfilled, which has caused hydro-physical-chemical limitations in the soil, especially at depth. However, some of its premises are not being fulfilled, which has caused hydro-physical-chemical limitations in the soil, especially at depth. So, it is necessary to look for soil management alternatives that can decompress the soil without completely mobilizing it; in other words, to maintain the straw and the whole layer that was built after the consolidation of no-till farming. The rotary decompactor with a knife roller (Vollverini) is a piece of equipment recently launched in the market. Its operation is performed by rods that are inserted alternately into the soil, which makes it possible to decompact the soil while maintaining the vegetation cover. In this context, there is a lack of information about which is the best option for soil decompaction. In this context, there is a lack of information about which is the best option for soil decompaction. This study aimed to evaluate the effect of soil management after cover crop and in a pasture area on the soil's physical and hydraulic properties. The study was conducted in the experimental area of the IFRS - Ibirubá Campus. The experimental layout used was a randomized block, in a 2 x 3 factorial arrangement, with 3 repetitions. To conduct this experiment, two different winter crop managements (cover oats vs. pasture) and three soil managements (Vollverini rotary decompactor, conventional subsoiler, and no-till system) were used. Vegetative cover rate (before and after soil management and after soybean seeding), soil roughness, and soil water infiltration were evaluated. It can be observed that before soil management, the pasture area obtained a lower rate of vegetation cover compared to the cover area. After soil management, the conventional subsoiler was the treatment with the lowest cover rate; the Vollverini rotary decompactor showed low reduction in cover rate, and the No-till Farming System remained almost unchanged. After sowing, there was soil mobilization due to the seeder's traffic, which caused a 30% reduction in the coverage rate of No-till Farming System; however, in the treatment with Vollverini there was a reduction of only 2.83%. The data obtained for soil roughness did not show a statistically significant difference in any of the treatments evaluated. In both winter managements, the rotary decompactor Vollverini presented a higher initial infiltration rate, but at the end of the test it stabilized more quickly. Evaluating accumulated infiltration, in the pasture area the rotary decompactor Vollverini obtained higher values of accumulated infiltration but in the cover area the conventional subsoiler obtained a slightly higher value of accumulated infiltration. In both tests, the No-till Farming System obtained the lowest values.

Keywords: No-till farming system. Soil compaction. Cover rate. Roughness. Water infiltration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da área experimental.....	18
Figura 2 - Manejo de solo com subsolador convencional (A) e manejo de solo com descompactador rotativo com rolo faca Vollverini (B).....	19
Figura 3 - Operação de semeadura da cultura da soja.....	19
Figura 4 - Avaliação da taxa de cobertura de solo com auxílio de quadrado de 1m ²	20
Figura 5 - Avaliação da rugosidade do solo com auxílio do perfilômetro convencional.....	21
Figura 6 - Avaliação da infiltração de água no solo com o método de infiltrômetro de anel.	23
Figura 7 - Área com cobertura vegetal de aveia-preta com finalidade para pastagem (A) e área com cobertura vegetal de aveia-preta com finalidade de cobertura do solo para cultura de verão (B).....	24
Figura 8 - Manejo de solo com Vollverini (A) e manejo de solo com subsolador (B).	26
Figura 9 - Operação de semeadura homogeneizando a quantidade de resíduo vegetal na área.	28
Figura 10 - Rugosidade do solo nos tratamentos de SPD (A), subsolador convencional (B) e descompactador rotativo Vollverini (C).....	30
Figura 11 - Gráfico de precipitação total mensal em 2022 na cidade de Ibirubá - RS.....	31
Figura 12 - Taxa de infiltração de água (cm/h) dos três tratamentos (descompactador rotativo Vollverini, subsolador convencional e sistema plantio direto) na área de pastagem (A) e área de cobertura (B).....	32
Figura 13 - Infiltração acumulada de água (mm) dos três tratamentos (descompactador rotativo Vollverini, subsolador convencional e sistema plantio direto) na área de pastagem (A) e área de cobertura (B).....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO	10
2.2	COMPACTAÇÃO DO SOLO	11
2.3	DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA DO SOLO	12
2.4	PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO	13
2.4.1	Rugosidade do solo	13
2.4.2	Cobertura vegetal	14
2.4.3	Infiltração de água no solo	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	17
3.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	17
3.3	AVALIAÇÕES	20
3.3.1	Taxa de cobertura	20
3.3.2	Rugosidade do solo	21
3.3.3	Infiltração de água no solo	21
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1	COBERTURA VEGETAL	24
4.2	RUGOSIDADE DO SOLO	28
4.3	INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	31
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36
	ANEXOS	40

1 INTRODUÇÃO

No século passado a agricultura no Brasil era bastante rudimentar. No entanto, em meados das décadas de 60 e 70 surgiu a chamada Revolução Verde, que tinha como finalidade modernizar a agricultura com novas tecnologias e aumentar o potencial produtivo para que fosse possível aumentar a oferta de alimentos e acabar com a fome. Nesse processo foram surgindo maquinários e implementos de alta tecnologia, agroquímicos, fertilizantes e sementes geneticamente modificadas que possibilitaram elevar a produção agrícola no mundo (VELOSO DE MATOS, 2010).

Em relação aos manejos de solo, na agricultura rudimentar eram utilizadas grades e arados para o preparo do solo, os quais segundo Denardin et al., (2012) eram prejudiciais pois causavam processos erosivos, que por muito tempo foi um grande problema da agricultura do Brasil.

Em conjunto com as inovações citadas anteriormente, após a década de 90 se iniciava um importante sistema de manejo do solo, o sistema plantio direto. Esse sistema pressupunha três premissas básicas para que ocorresse: i) não revolvimento do solo; ii) formação e manutenção de palhada sobre a superfície do solo e iii) rotação de culturas (EMBRAPA, 2007). No entanto, na prática, houve um distanciamento e/ou distorção das recomendações desse sistema (BARBIERI et al., 2019).

Como resultado, de acordo com Mancuso et al., (2014), tem-se que grande parte das áreas agricultáveis, destinadas ao plantio direto, tendem a apresentar compactação do solo. O que acarreta em grandes prejuízos ao agronegócio brasileiro, pois interfere diretamente na produtividade agrícola. A compactação tem origem mecânica, seja pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas, animais ou até mesmo veículos na lavoura, que acabam reduzindo o espaço poroso do solo devido à pressão exercida sobre o mesmo (DENARDIN et al., 2012).

Os relatos de áreas produtivas com solo compactado aumentam a cada ano, com isso, muito se discute sobre o processo de descompactação do solo. De acordo com Denardin (2012), qualquer implemento de discos ou de hastes, capaz de operar à profundidade maior do que o limite inferior da camada adensada e/ou compactada, possui capacidade de descompactar o solo.

No entanto, atualmente, as opções de maquinários capazes de mobilizar o solo visando reduzir a compactação, como os escarificadores e subsoladores, por trabalharem de arrasto, acabam revolvendo significativamente o solo, algo que não é compatível com as premissas do

sistema plantio direto, onde segundo Denardin et al. (2012) a mobilização de solo deve ser feita apenas na linha ou sulco de semeadura.

Recentemente a empresa Agross do Brasil lançou no mercado um descompactador rotativo com rolo faca, denominado - Vollverini, equipamento com modo de operação diferenciado que visa realizar a descompactação do solo preservando o sistema plantio direto. No entanto, por ser um maquinário que recentemente está disponível no mercado, há escassez de dados de literatura capazes de validar, cientificamente, as alterações físico hídricas do solo após seu uso.

Diante do exposto, o objetivo geral do presente estudo busca avaliar o efeito de manejos do solo (sistema plantio direto, subsolador convencional e descompactador rotativo com rolo faca Vollverini) após cultura de cobertura do solo e em área de pastagem sobre as propriedades físico-hídricas do solo.

A hipótese levantada por este trabalho é de que os manejos de solo difiram quanto às propriedades físico hídricas do solo após suas aplicações. Espera-se ainda que o descompactador rotativo com rolo faca Vollverini possibilite melhorias nos atributos físico hídricos do solo, quando comparado ao subsolador convencional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

Em meados da década de 70 surge o sistema plantio direto (SPD) no Brasil, processo pelo qual trouxe grande evolução para a agricultura brasileira. Esse termo tem origem no conceito ‘*no till*’, que traduzido significa uma prática de cultivo inserida diretamente na terra, sem revolvimento do solo (GASSEN, 2010). O sistema plantio direto é um sistema de manejo conservacionista composto de práticas que englobam, necessariamente, rotação de culturas, movimentação do solo apenas em linha de semeadura e a cobertura do solo de forma permanente (GONÇALVES, 2019).

O SPD se tornou necessário no Brasil pelo fato de reduzir a erosão do solo, melhorar a eficiência na produção, baixar os custos, recuperar a qualidade da água e de outros recursos naturais, de acordo com Gassen (2010).

Segundo os autores Motter & Almeida (2015) o sistema plantio direto foi reconhecido em todo o mundo. Atualmente é uma das técnicas mais usadas e seu principal destaque é pelo fato da diminuição significativa dos danos promovidos ao solo, além de manter a qualidade do solo para as culturas que iriam ser implantadas posteriormente, melhora também a estrutura do solo e sua fertilidade devido à prática de rotação de culturas.

O sistema plantio direto extinguiu a camada arável do solo, ou seja, a estrutura dos horizontes da superfície do solo deixou de ser homogeneizada pela aração e gradagem, com isso, a superfície do perfil do solo começou a se diferenciar (DENARDIN, 2015)

De acordo com Bertol et al. (2001), a estrutura do solo tende a ser modificada de acordo com os tipos de manejo e de cultivo do solo realizados nas áreas. Essas alterações são definidas pela modificação da estrutura original do solo que é alterada pelo fracionamento dos agregados em tamanhos menores, reduzindo o volume dos macroporos e aumentando o volume dos microporos e na densidade do solo, causando alterações que influenciam sobre o crescimento e desenvolvimentos das plantas.

A prática do SPD proporcionou uma grande evolução na qualidade dos solos para a semeadura, o que acarretou na ampliação de novas áreas de produção. Porém, esse sistema colaborou para a ocorrência de modificações físicas do solo devido ao seu não revolvimento, o

que acabou diminuindo o potencial de produção devido ao surgimento da compactação do solo (GONÇALVES, 2019).

2.2 COMPACTAÇÃO DO SOLO

A compactação do solo é definida como o aumento da densidade e diminuição da sua porosidade quando passa por uma pressão ou esforço contínuo. Desse modo, para o cenário da agricultura, a compactação gera grandes perdas na cadeia produtiva, pois a planta em contato com um solo nessas condições tem prejudicado o seu desenvolvimento radicular, causa que afeta diretamente o crescimento da sua parte aérea e inibe a sua produção (REIS, 2022).

O tráfego de máquinas é a principal causa da compactação do solo, que foi intensificada pela modernização, com o aumento do peso das máquinas e equipamentos e da intensidade de uso do solo. Esse processo não foi acompanhado por um aumento proporcional do tamanho e largura dos pneus, resultando em significativas alterações nas propriedades físicas do solo (RICHART, 2005).

Segundo Lanzasova et al., (2007), o grau de compactação provocado pelo pisoteio bovino é influenciado pela textura do solo, sistema de pastejo, altura de manejo da pastagem, quantidade de resíduo vegetal sobre o solo e umidade do solo. No entanto, o efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível.

Segundo Denardin et al., (2012), as alterações físicas na estrutura do solo causadas pela compactação são consequências de técnicas realizadas de forma errônea no solo e também das culturas utilizadas no sistema produtivo. Os manejos de solo que mobilizam a camada superficial, fracionando e desestabilizando os macroagregados são os principais responsáveis por essas alterações. A desestabilização dos agregados em conjunto com a eluviação de argilas e com o tráfego de máquinas na lavoura, fazem com que as partículas do solo se aproximem umas das outras, diminuindo o espaço poroso e acarretando o aumento da densidade do solo.

A compactação do solo prejudica significativamente o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, pelo fato de não terem força para penetrar camada adensada e não conseguir chegar nas camadas mais profundas do solo. Essa camada compactada reflete na diminuição da produção, pois não permite que as plantas busquem água retida em maiores

profundidades, principalmente em épocas de secas e veranicos mais longos, por causa do sistema radicular mal desenvolvido e pela dificuldade imposta pelo solo compactado na infiltração e retenção de água, baixando assim a sua disponibilidade (GONÇALVES, 2019).

Segundo Denardin et al., (2012) a camada compactada reduz a taxa de infiltração de água no solo, aumentando a ocorrência de erosão hídrica devido ao aumento do escoamento superficial da água da chuva. A camada superficial compactada também reduz a capacidade de armazenamento de água e a disponibilidade de água, além de reduzir a mobilização de água no perfil do solo, reduzir as trocas gasosas do solo com a atmosfera e limitar o desenvolvimento radicular das plantas.

Segundo Ribeiro (1999) a má absorção de nutrientes é outro problema que afeta as plantas em solos compactados, o sistema radicular não consegue chegar aos nutrientes mais distantes. Devido a mineralização da matéria orgânica estar em diminuição no solo, e com o decrescente acréscimo de oxigênio e nutrientes para o sistema radicular das plantas há uma significativa baixa no recebimento e disponibilidade de nutrientes e água.

O impacto das gotas da chuva com o solo tem direta relação com a redução da camada permeável do solo, pois reduzem a rugosidade do solo, ou seja, diminui a quantidade de empoçamento, além de formar uma fina camada adensada que possui menor condutividade elétrica, afetando em até 90% a permeabilidade do solo e conseqüentemente reduzindo as taxas de infiltração (CAMARA & KLEIN, 2005).

2.3 DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA DO SOLO

Segundo Denardin et al. (2012), a descompactação do solo tem por finalidade reduzir a densidade do solo, com isso, acaba aumentando a porosidade do solo e a estabilidade dos agregados. Essa prática proporciona uma maior permeabilidade do solo, facilitando a infiltração, o armazenamento de água e proporcionando as plantas exercer seu máximo potencial de desenvolvimento radicular, além de reduzir as chances de ocorrência de erosão.

O método mais comum utilizado para o processo de descompactação é através de equipamentos que possuem hastes e fazem a movimentação e o rompimento das camadas compactadas, mesmo que essa operação tenha alto gasto energético e um longo período de execução (CAMARA & KLEIN, 2005).

Denardin et al. (2012), lista alguns fatores importantes para o sucesso da descompactação, como a umidade do solo em que a operação acontece; a profundidade de trabalho do implemento; o espaçamento entre hastes e a necessidade de adição de material orgânico ao solo após a descompactação.

Segundo Silva et al. (2005) os escarificadores e subsoladores são os implementos mais comuns utilizados para o processo de descompactação do solo, esses equipamentos operam em superfície e subsuperfície no solo com o objetivo de desagregar a camada compactada presente no solo. É feita uma diferenciação entre os manejos com uso de subsoladores e com os escarificadores a partir da profundidade de trabalho dos mesmos. O uso dos escarificadores é feito normalmente em profundidades mais superficiais de 0-15 cm e também com profundidades de 15-30 cm, denominada escarificação pesada. Já os subsoladores são utilizados em profundidades maiores que 30 cm.

O manejo de subsolagem é realizado em profundidades superiores ao manejo com escarificadores, por isso, o manejo de solo com subsoladores apresenta maior gasto energético. Os subsoladores apresentam como vantagem a facilidade de penetração nas hastes no solo e uma de suas limitações é a necessidade de um trator de maior potência (SILVA et al., 2005).

Um recente lançamento no mercado que surge como opção para o processo de descompactação do solo, é o descompactador rotativo com rolo faca Vollverini, da marca Agross do Brasil. Possui caráter inovador, pois seu funcionamento ocorre de forma diferente dos equipamentos convencionais. Este equipamento foi desenvolvido com o objetivo de realizar a descompactação do solo em consórcio com o sistema plantio direto e tem como principal característica um mínimo revolvimento do solo.

2.4 PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO

2.4.1 Rugosidade do solo

Segundo Camara & Klein (2005), a rugosidade do solo é um fator determinante para a infiltração de água no solo. Na agricultura moderna, o não-revolvimento do solo aliado ao tráfego excessivo de máquinas pesadas favorece a alteração da estrutura do solo, apresentando baixa rugosidade superficial. Os manejos de preparo do solo, como a escarificação, proporcionam o surgimento de um micro relevo na superfície do solo, o qual é chamado e determinado como rugosidade superficial (VAZQUEZ & DE MARIA, 2003).

A rugosidade superficial do solo é definida como o enrugamento da superfície, ou seja, o solo apresenta um microrrelevo causado por microelevações e microdepressões. Esses microrrelevos são ocasionados principalmente pelo manejo de preparo do solo que afeta o volume de poros na camada superficial, que em conjunto com a palhada tem influência direta na armazenagem de água em superfície, na infiltração de água e no volume e velocidade das enxurradas. A rugosidade também é muito importante para a retenção de sedimentos do solo, ou seja, perdas de solo por erosão (BERTOL et al., 2006).

Segundo Bertol et al. (2006), o nível de rugosidade superficial presente em um solo varia principalmente a partir do tipo de preparo do solo realizado, da umidade no momento do preparo, da quantidade e tipo de cobertura vegetal, assim como também do tipo de solo e do declive do terreno. Após a realização de um manejo de preparo do solo, o tempo e o nível de rugosidade podem ser afetados pela intensidade das chuvas, em caso de aumento de volume e intensidade das chuvas a rugosidade superficial diminui, no entanto, a rugosidade orientada aumenta com a maior incidência de enxurradas.

No preparo convencional do solo com o uso de escarificador, o solo apresenta a sua superfície mais rugosa se comparado com um preparo do solo por meio de arado de discos e gradagem. Em áreas de cultivo com o sistema plantio direto que apresentam grande quantidade de cobertura vegetal podem apresentar altos níveis de rugosidade devido a esses resíduos vegetais deixados sobre o solo, no entanto, a rugosidade representada pela superfície do solo é baixa devido ao mínimo revolvimento do solo neste sistema. A rugosidade formada no sistema plantio direto pela cobertura vegetal tem menor capacidade de reter água se comparada com a rugosidade superficial do solo formada através de preparos no solo (BERTOL et al., 2006).

Um solo com uma maior rugosidade superficial, apresenta uma melhor capacidade de infiltração e retenção de água, se comparado com uma superfície lisa. Isto ocorre devido ao selamento superficial que ocorre principalmente nas micro depressões da superfície rugosa e em praticamente toda a extensão da superfície lisa (CASTRO et al., 2006).

2.4.2 Cobertura vegetal

Segundo Ambrosano et al. (2005) a rotação de culturas é um dos pilares do sistema plantio direto tão difundido atualmente, essa prática favorece a máxima eficiência do sistema. Porém, nem sempre os restos culturais deixados nas áreas são o suficiente para a proteção do solo e para que o sistema plantio direto tenha máxima eficiência. O manejo inadequado da cobertura vegetal no solo pode trazer grandes problemas para os cultivos, com a falta de

material verde no solo pode ocorrer a escassez de reservas minerais e orgânicas no solo, tornando-se um solo de baixa fertilidade.

Para recuperar e melhorar a fertilidade do solo a adição de cobertura vegetal na área é muito importante, a adoção de adubação verde no solo proporciona aumento no teor de matéria orgânica no solo, aumento da capacidade de troca de cátions e da disponibilidade de micro e macronutrientes, diminui a amplitude de variação térmica, também auxilia na formação e estabilização dos agregados e conseqüentemente melhora a infiltração de água e aeração no solo (AMBROSANO et al., 2005).

Segundo estudos realizados por Gasparin et al. (2005), a cobertura vegetal morta tem influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo, a qualidade e a quantidade do material vegetal disposto no solo influenciam na taxa de infiltração. Estudos já demonstraram que a cobertura vegetal densa e bastante espessa promovida pela aveia preta traz aumento na taxa de infiltração de água no solo.

Segundo Bertol et al. (2007) a presença da cobertura do solo por resíduos vegetais é o fator mais importante na dissipação da energia de impacto das gotas da chuva na superfície do solo, visto que ela pode evitar a desagregação de suas partículas. Além disso, resíduos vegetais em contato direto com a superfície do solo são eficazes na redução da carga de sedimentos no escoamento superficial ou enxurrada.

A agregação dos efeitos da rugosidade superficial e da cobertura vegetal tem extrema importância no solo, pois protegem o solo e ajudam a reduzir a erosão hídrica causada pela ação do impacto das gotas de chuva com solo. Com a proteção do solo pela cobertura vegetal ocorre a redução da desagregação das partículas do solo, ocorrendo menores perdas pelo transporte de sedimentos e conseqüentemente aumentando a retenção e a infiltração de água no solo, diminuindo o escoamento superficial e as perdas de solo por erosão (CASTRO et al., 2006).

2.4.3 Infiltração de água no solo

O processo de entrada de água no solo pela camada superficial é chamado de infiltração, ocorre através da gravidade onde a água desce até atingir a camada impermeável no solo. O processo de infiltração no início tem seu valor elevado, porém com o tempo esse valor diminuiu e se torna constante, denominada taxa de infiltração estável (infiltração básica da água no solo - VIB) (SOBRINHO et al., 2003).

A infiltração de água é uma das características do solo mais preocupantes na agricultura moderna, devido os sistemas de cultivo altamente mecanizados que causam o aparecimento da

compactação do solo afetando o desenvolvimento das raízes, a infiltração e o armazenamento de água no solo (PRANDO et al., 2010).

De acordo com Bertol et al. (2001), em solos intensamente cultivados, o surgimento de camadas compactadas determina a diminuição do volume de poros ocupado pelo ar e o aumento na retenção de água. Em decorrência disto, observou-se diminuição da taxa de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento das taxas de escoamento superficial e de erosão.

As variações na taxa de infiltração do solo estão relacionadas com diversas razões. Os principais fatores estão interligados com propriedades físicas do solo e também com o manejo adotado no local. Parâmetros como textura, estrutura, porosidade, rugosidade superficial, restos culturais, matéria orgânica, atividade biológica do solo, manejo do solo e umidade inicial são os fatores mais influentes na questão da quantidade de água infiltrada no solo (CAMARA & KLEIN, 2005).

Os fatores relacionados à superfície interferem no movimento da água através da interface ar-solo. O manejo do solo afeta a capacidade de infiltração à medida que interfere nas propriedades do solo e nas condições da superfície (cultivos agrícolas e irrigação) e nos fatores naturais que incluem precipitação, mudança de estação, umidade e temperatura (PINHEIRO et al., 2009).

Segundo Albuquerque et al. (2002) as operações de preparo do solo alteram o microrrelevo, a cobertura por resíduos vegetais e promovem a exposição da superfície do solo à ação da chuva e da enxurrada. À medida que o manejo do solo elimina a cobertura vegetal, a superfície fica mais exposta à ação do impacto das gotas de chuva e da enxurrada. Dessa forma, tanto o impacto das gotas de chuva quanto a ação da enxurrada modificam as condições físicas da superfície do solo, como a rugosidade e a porosidade, e, conseqüentemente, a taxa de infiltração de água.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

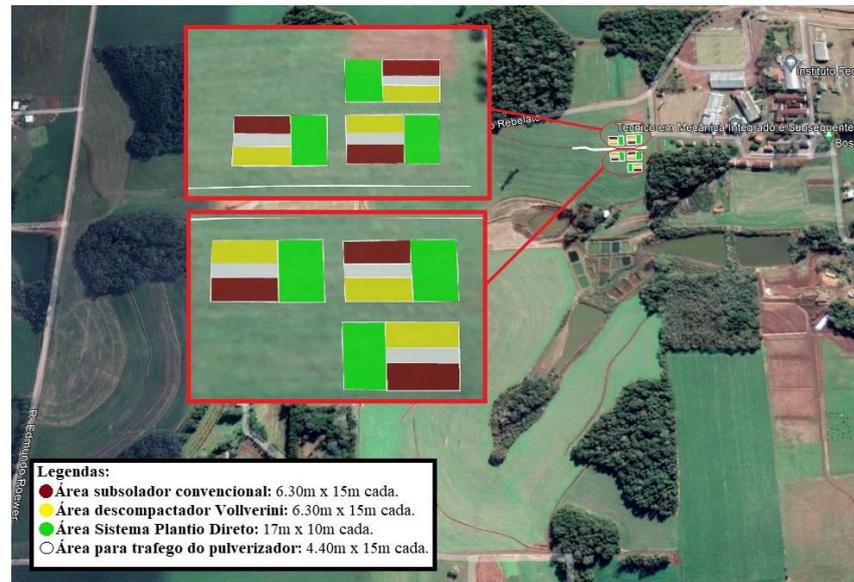
O experimento foi realizado na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), localizado no município de Ibirubá-RS, região do Planalto Médio do estado do Rio Grande do Sul. A área está situada em latitude sul de 28° 39' 10'' e longitude oeste de 53° 06' 54'', em uma altitude de 400 metros.

Segundo Moreno (1961), o clima da região se caracteriza como subtropical úmido (tipo Cfa), possui estações do ano bem definidas e as precipitações são bem distribuídas ao longo do ano. O solo da área é classificado como um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006) com 56% e 65% de argila na camada 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente (ANEXO A).

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial, tendo 3 repetições. Para a condução deste experimento foi trabalhado em dois diferentes manejos de culturas de inverno (aveia para cobertura e aveia para pastejo – alocadas numa mesma topossequência). Nesses dois diferentes manejos na cultura da aveia foram realizados três diferentes manejos de solo (sistema plantio direto, subsolador convencional e descompactador rotativo com rolo faca Vollverini). As unidades experimentais referentes ao manejo de solo com plantio direto tiveram dimensão de 17 x 10m e as unidades experimentais aonde foi realizado o manejo com subsolador convencional e descompactador rotativo Vollverini tiveram dimensões de 7 x 15 m, como mostra no croqui da Figura 1.

Figura 1 - Croqui da área experimental.



Fonte: Google Earth, 2022

Quanto aos manejos aplicados, antes dos tratamentos do solo, a cultura de inverno semeada nas áreas foi a aveia-preta nos dias 15 e 16 de março de 2022. A cultivar utilizada foi a Embrapa 139 na quantidade de 75 kg/ha e sem adubação. Em uma das áreas a cultura teve a finalidade de servir somente à cobertura do solo e na outra área foi destinada ao pastejo animal de seis bovinos de leite entre os meses de maio a agosto de 2022, os quais possuem em média um peso de 900kg (duas unidades de peso de animal), totalizando 12 unidades de peso animal. Os animais não ficaram restritos ao pastejo apenas na área do experimento, pois, toda a área na qual o experimento esteve instalado foi dividida em três piquetes, ou seja, houve pastejo em diferentes piquetes com uma média de 30 dias em cada um deles.

Trinta dias antes da data prevista para a semeadura da soja foi feita a dessecação da aveia-preta em ambas as áreas. No dia 03/11/22 foi realizado os manejos de solo com descompactador rotativo com rolo faca Vollverini e subsolador convencional (de 7 hastes espaçadas 0,5 m entre si) como pode-se observar nas Figuras 2A e 2B.

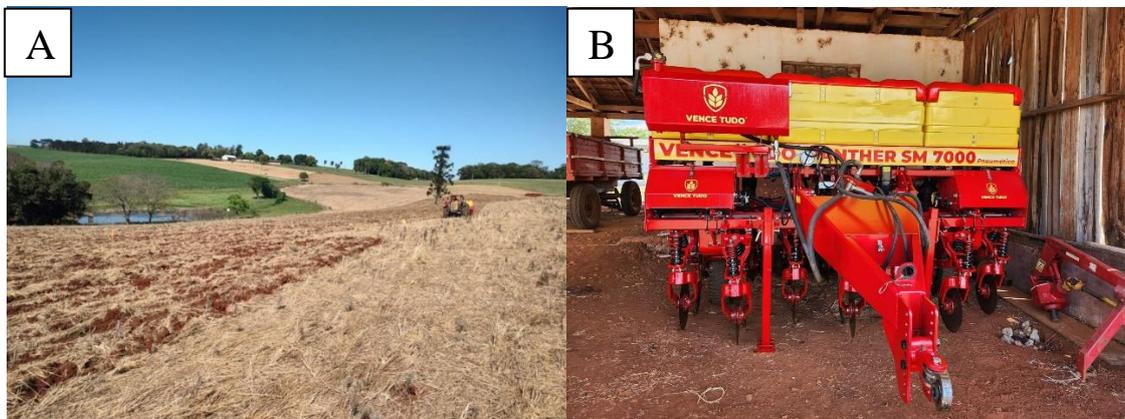
Figura 2 - Manejo de solo com subsolador convencional (A) e manejo de solo com descompactador rotativo com rolo faca Vollverini (B).



Fonte: Martins, 2022

A semeadura direta da cultura da soja foi realizada no dia 4 de novembro de 2022 (Figura 3A) com uma semeadora adubadora da marca Vence Tudo, modelo Panther SM 7000 pneumática à vácuo como pode-se verificar na Figura 3B. A cultivar de soja utilizada na área experimental foi a NA 5909 RG na densidade de 16,3 sementes/m. Junto a semeadura foi adubado 330 kg/ha de adubo com formulação 5-20-20. A cultura foi fertilizada e manejada conforme recomendações técnicas da cultura.

Figura 3 - Operação de semeadura da cultura da soja (A) e semeadora Panther SM 7000 (B).



Fonte: Martins; Demboski, 2022

3.3 AVALIAÇÕES

3.3.1 Taxa de cobertura

A taxa de cobertura (%) foi mensurada antes dos manejos de solo (com descompactador rotativo Vollverini e subsolador) e logo após. As parcelas compostas pelo sistema plantio direto não receberam nenhum tipo de manejo de solo anterior à semeadura, foi determinada a taxa de cobertura do solo nas mesmas datas. Além disso, em todas as parcelas, foi determinada a taxa de cobertura 3 dias após a semeadura da cultura da soja.

Essas avaliações foram realizadas com o uso de um quadrado com área de 1 m², constituído por 10 linhas perpendiculares e 10 linhas paralelas com fio de nylon, que compõe 100 pontos de intersecção, na qual, cada ponto é considerado 1 por cento da avaliação (Figura 4). Para fazer a avaliação da taxa de cobertura, posicionava-se o quadrado em um local da parcela e realizava-se a visualização nos pontos de intersecção formados pelos cruzamentos dos fios de nylon, a cada ponto visualizado que continha cobertura vegetal era contabilizado 1%. Em resumo, a taxa de cobertura foi medida três vezes (antes, após os manejos de solo e após a semeadura da soja.), sempre nos mesmos locais onde foram realizadas as primeiras avaliações.

Figura 4 - Avaliação da taxa de cobertura de solo com auxílio de quadrado de 1m².



Fonte: Martins, 2022

3.3.2 Rugosidade do solo

A rugosidade do solo foi determinada com auxílio de um perfilômetro convencional semelhante ao descrito por Gassen et al. (2014) e Carvalho Filho et al. (2008). Este equipamento é composto por hastes metálicas que possuem a capacidade de mensurar o perfil de solo mobilizado (Figura 5). As avaliações de rugosidade foram realizadas antes e após os manejos do solo (com descompactador rotativo Vollverini e subsolador). Também foi determinada a rugosidade nas parcelas que compõem o sistema plantio direto. Em todas as parcelas, a rugosidade do solo foi determinada 5 dias após a semeadura da soja. Foram realizadas três repetições em cada um dos tratamentos.

O índice de rugosidade foi calculado como sendo o desvio-padrão das alturas das hastes metálicas, utilizando os dados de altura da superfície do terreno sem transformação e sem eliminar os seus valores extremos, pelo método proposto por Kamphorst et al. (2000).

Figura 5 - Avaliação da rugosidade do solo com auxílio do perfilômetro convencional.



Fonte: Martins, 2022

3.3.3 Infiltração de água no solo

Quinze dias após a implantação da cultura da soja, foram realizadas coletas e avaliação dos parâmetros físico-hídricos do solo. A infiltração de água foi determinada *in loco* com três

repetições de cada tratamento em ambas as áreas. O método utilizado foi o do infiltrômetro de anel descrito por Bernardo et al. (2006), onde são colocados no solo 2 anéis de forma concêntrica, o anel menor possui diâmetro de 25 cm e o maior 50 cm, ambos possuem 30 cm de altura (Figura 6). O anel de maior diâmetro possui a finalidade de retardar a infiltração horizontal do anel interno, possibilitando que a infiltração do anel interno ocorra de forma mais vertical possível, evitando assim que se obtenha resultados superestimados. Coloca-se água, ao mesmo tempo nos dois anéis e a taxa de infiltração é medida com auxílio de uma régua a partir da oscilação do nível de água no anel interno em diferentes intervalos de tempo, que são acompanhados através de um cronômetro. A avaliação da taxa de infiltração é finalizada quando a leitura da altura da lâmina de água, em função do tempo, se estabiliza/se mantém constante por pelo menos três vezes.

Foi estimado o valor do ponto de murcha permanente (PMP) da área do experimento, através da equação de Klein et al. (2010), sendo considerado os teores de argila de 56% nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, 65% de 10-15 e 15-20 cm e 75% de 20-35 e 35-50 cm de profundidade (Anexos). O valor de PMP encontrado nestas profundidades foi de 18%, 21% e 24%, respectivamente.

Equação de Klein et al. (2010)

$$\text{PMP (g. g}^{-1}\text{)} = 0,0003 \times \text{Argila (g.kg}^{-1}\text{)} + 0,0118$$

PMP= Ponto de murcha permanente (g.g¹)

Argila= teor de argila presente no solo (g.kg¹)

Figura 6 - Avaliação da infiltração de água no solo com o método de infiltrômetro de anel.



Fonte: Martins, 2022

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$) e quando as interações foram significativas foi realizado o desmembramento dos efeitos de tratamento de um fator dentro de cada nível de outro fator. Para os tratamentos qualitativos foi realizada a comparação de médias com o teste de Tukey ($p < 0,05$). Utilizou-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

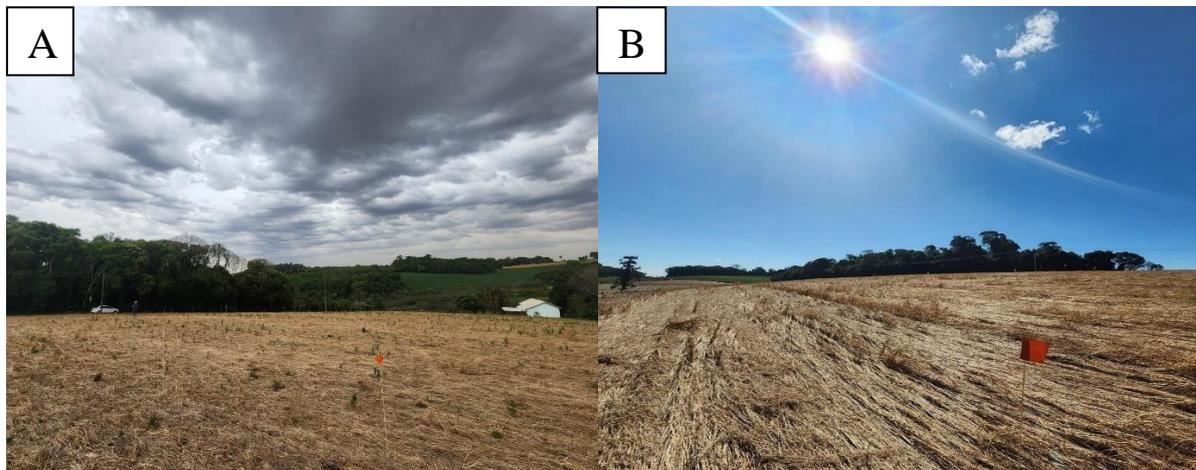
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente serão apresentados e discutidos os dados relacionados à cobertura vegetal, após os resultados de rugosidade do solo, posteriormente a infiltração de água no solo.

4.1 COBERTURA VEGETAL

Como citado anteriormente, o experimento tem o histórico da área no inverno como uma das causas de variação (uma área cultivada com aveia-preta tinha finalidade para pastagem de bovinos de leite (Figura 7A) e na outra área com a finalidade apenas para cobertura vegetal (Figura 7B)).

Figura 7 - Área com cobertura vegetal de aveia-preta com finalidade para pastagem (A) e área com cobertura vegetal de aveia-preta com finalidade de cobertura do solo para cultura de verão (B).



Fonte: Demboski, 2022

Ao proceder a análise de variância percebeu-se que a variável cobertura vegetal antes dos manejos de solo houve significância para as causas de variação histórico de manejo de inverno. Assim, como pode-se observar na Tabela 1, foram encontrados valores menores na área destinada para pastagem, tais valores justificam-se em razão do pisoteio animal e da remoção da cobertura vegetal causada pelo pastejo dos bovinos de leite que estiveram na área destinada à pastagem.

Tabela 1 - Porcentagem de cobertura vegetal no solo antes dos manejos de solo.

Histórico manejo inverno/22	% Taxa de cobertura do solo
Aveia pastagem	95,88*
Aveia cobertura do solo	100,00
C.V. (%)	3,66

* Significativo para teste t de comparação de média a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Martins, 2023

Após proceder ANOVA para a variável cobertura vegetal após os manejos de solo, percebeu-se que a única causa de variação que mostrou influência sobre a variável analisada foi o manejo de solo, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Porcentagem de cobertura vegetal no solo após os manejos de solo.

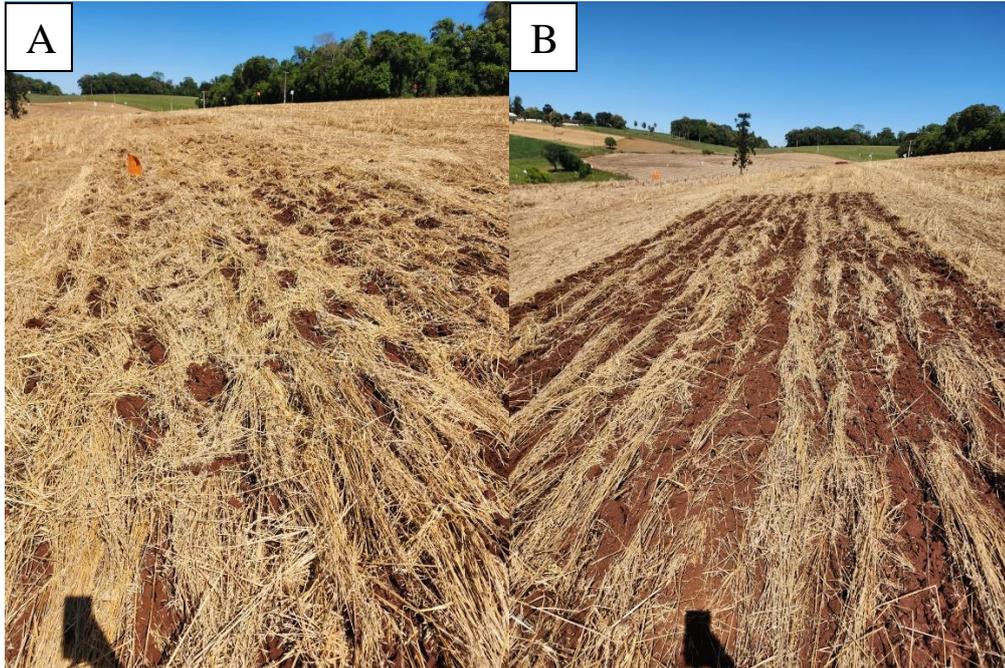
Manejo de solo	% Taxa de cobertura do solo
Subsolador	39,33 c
Descompactador Rotativo Vollverini	69,33 b
Sistema Plantio Direto	96,66 a
C.V. (%)	11,466

Médias seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Fonte: Martins, 2023

De acordo com a Tabela 2, após os manejos de solo, o SPD foi o tratamento que mais manteve palhada na superfície do solo, isso ocorre pelo fato do solo não ter sido revolvido na superfície. Já nos manejos em que foram utilizados os implementos descompactador rotativo rolo faca Vollverini e subsolador convencional reduziram a porcentagem de palhada na superfície do solo. Pode-se destacar que o manejo de solo com subsolador convencional foi o que apresentou menor percentual da cobertura vegetal do solo, visto que o mesmo é um implemento de arrasto, o que acaba contribuindo para a retirada de maior parte da cobertura vegetal da superfície do solo, quando comparado ao SPD. Já no manejo de solo com o descompactador rotativo rolo faca Vollverini, observa-se uma redução significativamente menor em relação ao manejo com subsolador convencional quando comparamos ambos os tratamentos com o SPD. Esse resultado se explica pelo fato do implemento Vollverini operar com usas hastes de forma rotativa, fazendo com que não haja o acúmulo e araste de palha, juntamente com o trabalho do rolo-faca traseiro, o qual permite uma realocação parcial, possibilitando a manutenção de grande porcentagem da cobertura vegetal, como ilustram as Figuras 8A e 8B.

Figura 8 - Manejo de solo com Vollerini (A) e manejo de solo com subsolador (B).



Fonte: Martins, 2022

Estes dados corroboram com os obtidos por Tabaldi et al. (2008), que obteve resultados semelhantes de cobertura vegetal após manejo de solo com escarificador convencional e com o escarificador FOX da marca Stara, obtendo respectivamente 26% e 72% de cobertura vegetal. Furlani et al. (2008), obteve valores de 100%, 76% e 12% com o plantio direto, escarificação e plantio convencional respectivamente, no qual pode-se comparar o valor de 100% com o tratamento SPD e o valor de 76% da escarificação com os 69,33% do descompactador rotativo com rolo faca Vollerini após os manejos de solo.

Ao avaliar a porcentagem da cobertura de solo após a semeadura da soja, a análise de variância indicou que as causas de variação histórico da área e manejo de solo apresentaram influência sobre os resultados, como mostra as Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Porcentagem de cobertura vegetal no solo após semeadura.

Histórico manejo inverno/22	% Taxa de cobertura do solo
Aveia pastagem	55,33*
Aveia cobertura do solo	66,11
C.V. (%)	13,57

* Significativo para teste t de comparação de média a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Martins, 2023

Ao analisar a Tabela 3, pode-se observar que após a semeadura, a ausência de cobertura vegetal na área de pastagem e área de cobertura se manteve na média quando comparada com a avaliação anterior aos manejos de solo (Tabela 1).

Após ser realizada a semeadura da cultura da soja houve uma mobilização no solo devido ao tráfego da semeadora (Figura 9), a explicação desta mobilização se dá, pois, a semeadora utilizada no experimento (Panther SM 7000 pneumática) é equipada com hastes sulcadoras, as quais tem a função de deposição de fertilizante, acabando por proporcionar uma maior mobilização de solo no momento da semeadura ao compara-la com semeadoras equipadas com discos duplos.

Houve uma redução de 30% da cobertura vegetal do solo quando comparado o valor de 96,66% do manejo SPD após os manejos de solo (Tabela 2) e o valor de 66,66% após a semeadura (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de cobertura vegetal após semeadura nos diferentes manejos de solo.

Manejo de solo	% Taxa de cobertura do solo
Subsolador	49,00 b
Descompactador Rotativo Vollverini	66,50 a
Sistema Plantio Direto	66,66 a
C.V. (%)	13,57

Médias seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Martins, 2023

O manejo de solo com o subsolador convencional foi o único que apresentou um aumento da porcentagem de cobertura vegetal quando comparado a situação após o manejo de solo (39,33%) e após a semeadura (49%). Possivelmente, o que explica esse acontecimento é a mobilização da cobertura que ocorreu após o tráfego da semeadora, que acabou revolvendo a palhada e realocando-a novamente na área de forma mais bem distribuída, o que conferiu maiores valores de cobertura.

Figura 9 - Operação de semeadura homogeneizando a quantidade de resíduo vegetal na área.



Fonte: Agross do Brasil, 2022

Já no tratamento com o descompactador rotativo rolo faca Vollverini, a porcentagem da cobertura vegetal sobre a superfície após a semeadura da soja não diferiu do manejo SPD. Comparando a porcentagem de cobertura após manejos de solo e após a semeadura de soja, percebe-se que com o Vollverini, houve uma redução de apenas 2,83% dos valores de cobertura vegetal após a semeadura quando comparado com após os manejos de solo (69,33%). Esse resultado denota que, do ponto de vista da cobertura vegetal, o uso do descompactador rotativo rolo faca Vollverini pode-se justificar imediatamente anterior à semeadura. Pois somente a semeadora mobiliza a cobertura vegetal tanto quanto o equipamento.

4.2 RUGOSIDADE DO SOLO

Para determinar os valores da rugosidade do solo, foi calculado o desvio-padrão das alturas das hastes metálicas do perfilômetro, sem transformação e sem eliminar os seus valores extremos, seguindo o método proposto por Kamphorst et al. (2000), tais valores que foram submetidos na análise de variância. A qual indicou que não houve influência de nenhuma das causas de variação testadas no estudo (histórico do inverno e manejos de solo). Portanto, as médias não diferiram, como pode-se ver abaixo na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores da rugosidade do solo antes da aplicação dos manejos de solo, após a aplicação dos manejos de solo e após a semeadura da soja.

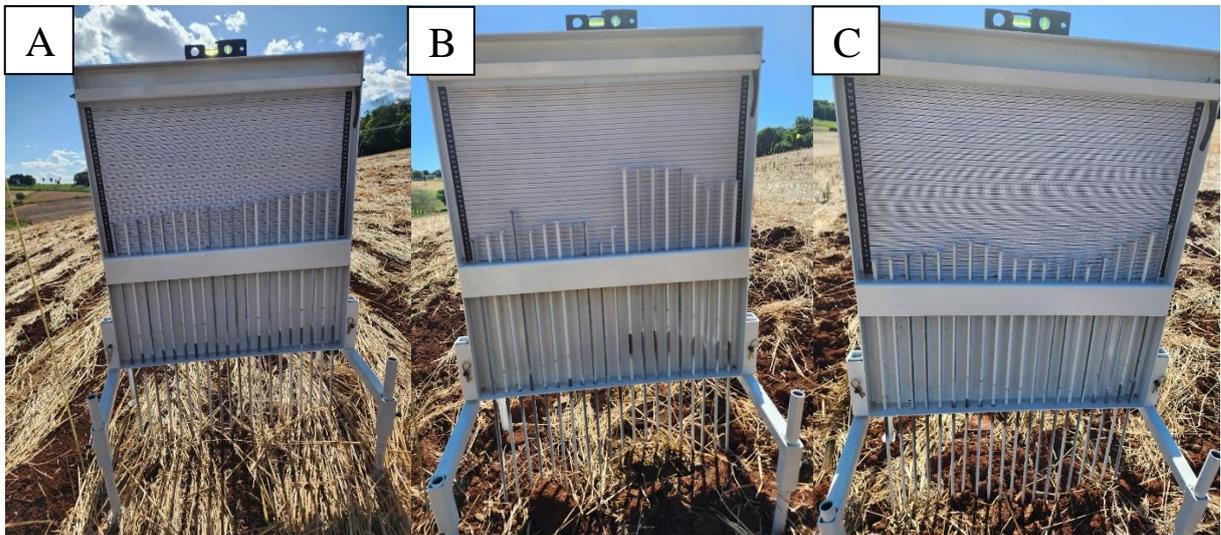
Antes da aplicação dos manejos de solo			
Manejo de solo	Cobertura	Pastagem	Média
Subsolador	1,77 ^{ns}	2,08	1,92
Vollverini	1,72	2,18	1,95
SPD	2,11	1,77	1,94
Média	1,87	2,01	
Após aplicação dos manejos de solo			
Manejo de solo	Cobertura	Pastagem	Média
Subsolador	2,58 ^{ns}	3,44	3,01
Vollverini	2,49	1,76	2,12
SPD	2,29	1,77	2,03
Média	2,45	2,32	
Após semeadura de soja			
Manejo de solo	Cobertura	Pastagem	Média
Subsolador	2,31 ^{ns}	3,00	2,65
Vollverini	1,96	2,45	2,20
SPD	2,11	1,84	1,97
Média	2,12	2,43	

^{ns}: Não significativo para teste ANOVA

Fonte: Martins, 2023

No entanto, visualmente no momento de cada avaliação era possível notar as diferenças e alterações que cada manejo ocasionou no solo. A figura 10 (A, B e C) demonstram a avaliação da rugosidade do solo em cada um dos manejos de solo: SPD, subsolador convencional e descompactador rotativo com rolo faca Vollverini, respectivamente.

Figura 10 - Rugosidade do solo nos tratamentos de SPD (A), subsolador convencional (B) e descompactador rotativo Vollverini (C).



Fonte: Martins, 2022

Pode-se notar na Figura 10A (SPD) que as hastes do perfilômetro se mantiveram alinhadas aproximadamente na mesma altura, devido ao fato de nesse tratamento não ter sido feito nenhum manejo de solo, ou seja, a superfície do solo não foi revolvida. Já na Figura 10B (subsolador convencional) a diferença de altura entre as hastes visualmente foi bastante variável, isso ocorre, pois, o subsolador convencional realiza um grande revolvimento da superfície do solo, principalmente pelo fato de ser um implemento de arrasto (percebeu-se grandes torrões de solo onde as hastes estão mais altas). Por último, a Figura 10C (descompactador rotativo Vollverini) demonstra uma diferença na altura de hastes mais suave se comparada com a Figura 10B, a principal explicação é pelo fato de o Vollverini ser um implemento rotativo, ou seja, o revolvimento do solo ocorre de baixo para cima através de suas hastes que penetram no solo e retornam de forma rotativa para a superfície, diferente do subsolador convencional.

Em um estudo realizado por Câmara & Klein (2005), foi constatado que o PDE (plantio direto escarificado) apresentou maior rugosidade do que PD (plantio direto), mesmo após 12 meses do manejo com o escarificador, isso indica que, durante esse período, o microrrelevo da rugosidade do solo poderia estar incrementando a infiltração de água no solo. Também segundo os autores, a manutenção da rugosidade do solo diminui o escoamento superficial e favorece a infiltração, reduzindo os riscos de erosão hídrica.

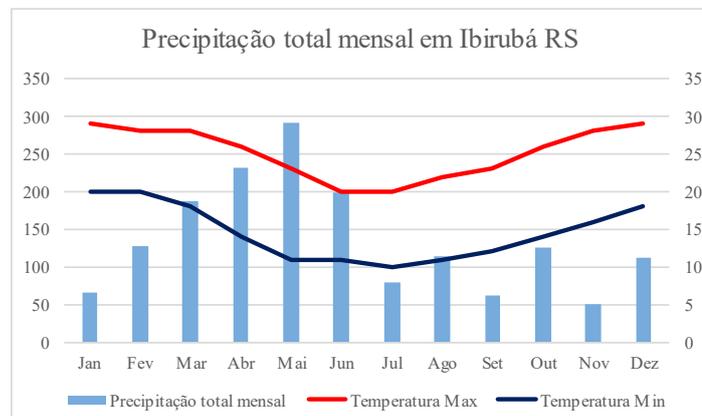
Carvalho Filho et.al. (2007), avaliando as modificações na rugosidade do solo causadas por diferentes métodos de manejo de solo, tiveram como resultado não ocorrer diferenças significativas para os equipamentos analisados, sendo que, os maiores valores de modificação da rugosidade do solo obtidos, foram, respectivamente, para o arado de discos, arado de aivecas, escarificador, grade aradora e por fim, para a enxada rotativa.

4.3 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Após serem realizados os testes de infiltração em todas as parcelas, através do método do infiltrômetro de anel, os dados foram transferidos para o software Excel® e foram feitos os cálculos para se ter as médias da taxa de infiltração e os dados da infiltração acumulada de cada um dos tratamentos.

No mesmo dia no qual foi iniciado as avaliações de infiltração, foram realizadas duas coletas de solo em cada tratamento, nas camadas de 5 - 10 e 10 - 20 cm, com o objetivo de determinar a umidade em que o solo se encontrava. Foi constatada que a umidade gravimétrica era 21,74%. Este valor de umidade é considerado baixo, visto que, está próximo ao valor do ponto de murcha permanente (PMP), que é de 18% no solo de estudo. Esse valor de umidade reflete o período de estiagem que a região na qual o experimento foi realizado sofreu durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2022. Segundo dados obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2022 ocorreram 13, 7 e 11 dias com precipitação, totalizando 126, 50,2 e 112,2 mm em cada mês, respectivamente, como mostra a Figura 11.

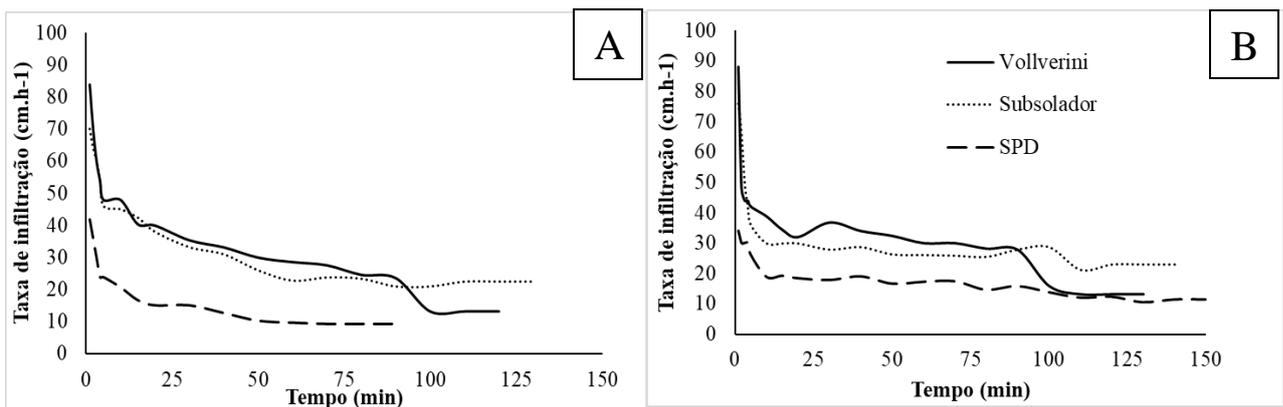
Figura 11 - Gráfico de precipitação total mensal em 2022 na cidade de Ibirubá - RS



Segundo estudos de Bertol et al. (2001), os valores de taxa de infiltração de água no solo, tanto inicial quanto final, foram elevados em todos os tratamentos. Os autores explicam que isto ocorre principalmente devido ao baixo teor de umidade do solo no momento de realização dos testes de infiltração, mas, também, pelo método utilizado (cilindros concêntricos), o qual pressupõe uma carga hidráulica ocasionada pela lâmina de água presente sobre o solo durante a execução dos testes de infiltração. Assim, em função da carga hidráulica, os autores citam que os valores de infiltração podem estar superestimados em até dez vezes em relação à taxa real de infiltração de água no solo

Observando a Figura 12A pode-se visualizar que o tratamento com o descompactador rotativo com rolo faca Vollverini na área de pastagem obteve uma maior taxa de infiltração no início da avaliação, se comparada com os outros tratamentos. Já o sistema plantio direto foi o que teve menor taxa de infiltração nos primeiros minutos de avaliação. Também pode-se notar que o subsolador convencional foi o tratamento que ocorreu infiltração por mais tempo, 130 minutos, seguido pelo tratamento com o Vollverini que obteve 120 minutos de infiltração até estabilizar-se. O tratamento com o SPD além de ter a menor taxa de infiltração entre todos os tratamentos, também foi o que mais rápido se estabilizou e, portanto, menos água foi infiltrada.

Figura 12 - Taxa de infiltração de água (cm/h) dos três tratamentos (descompactador rotativo Vollverini, subsolador convencional e sistema plantio direto) na área de pastagem (A) e área de cobertura (B).



Fonte: Martins, 2022

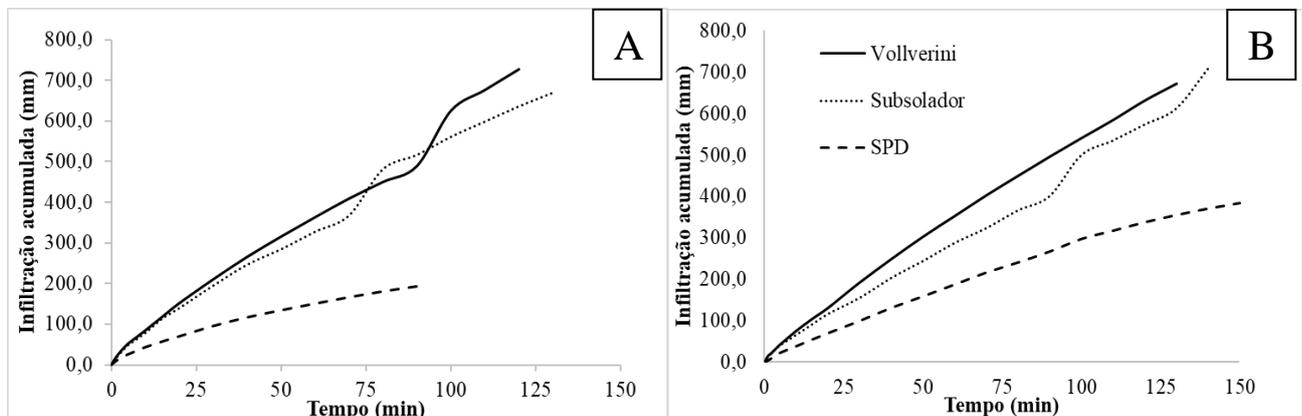
Na Figura 12B, tem-se representada a taxa de infiltração dos três tratamentos na área manejada com aveia visando cobertura vegetal no inverno. Pode-se inferir que o descompactador rotativo com rolo faca Vollverini, assim como na área de pastagem teve maior taxa de infiltração nos primeiros minutos de avaliação, e durante a maior parte do teste, se

estabilizando com 130 minutos. Novamente, o SPD foi o tratamento que teve a menor taxa de infiltração inicial e foi o tratamento que teve maior tempo de duração até ocorrer sua estabilização, a qual ocorreu com 150 minutos. Também pode-se observar, que este tratamento, a partir dos 10 minutos manteve quase que constante os valores de taxa de infiltração até o fim do teste. O tratamento com o subsolador convencional teve uma taxa de infiltração ligeiramente menor que o descompactador Vollverini, no entanto, a partir dos 10 minutos, o tratamento com o subsolador convencional manteve sua taxa de infiltração quase que totalmente constante até o fim do teste com 140 minutos.

Câmara & Klein (2005) verificaram em seu trabalho que a taxa inicial, bem como a taxa final de infiltração de água no solo até 120 min, foi afetada pelo manejo do solo. O PDE (plantio direto escarificado) apresentou taxa inicial de infiltração 2,2 vezes e taxa final 3,8 vezes superior ao PD, porém sem diferença significativa. Esse resultado se equipara com os valores iniciais de infiltração do presente experimento, visto que, a taxa de infiltração inicial do tratamento com o descompactador rotativo Vollverini foi de 88 cm/h e do tratamento do sistema plantio direto foi de 34 cm/h na área de cobertura, como mostra na figura 12B.

Zwirtes et al. (2011) constataram que, a velocidade de infiltração é intensa nos minutos iniciais, no entanto, ocorre uma rápida redução desta intensidade 15 a 20 minutos após o início dos testes. Após este tempo de infiltração mais aguda, ocorre uma diminuição gradual da velocidade de infiltração no decorrer do tempo, chegando a uma velocidade de infiltração estável após um período de tempo de infiltração. Esses resultados corroboram com os obtidos neste experimento, como mostra na figura 13 A e B.

Figura 13 - Infiltração acumulada de água (mm) dos três tratamentos (descompactador rotativo Vollverini, subsolador convencional e sistema plantio direto) na área de pastagem (A) e área de cobertura (B).



Fonte: Martins, 2022

A Figura 13A demonstra os valores da infiltração acumulada na área manejada com a cultura de aveia destinada ao pastejo de bovinos no inverno. Pode-se observar que o tratamento do sistema plantio direto obteve menor volume de infiltração acumulada (192,5 mm) entre todos os tratamentos e também teve o menor tempo de teste. O tratamento com o descompactador rotativo Vollverini teve maior volume de infiltração acumulada (728 mm). Já o subsolador convencional obteve 670 mm de infiltração acumulada, além de ter sido o tratamento que obteve o maior tempo de teste (130 minutos).

Ao analisar a Figura 13B que apresenta a infiltração acumulada na área cultivada com aveia visando cobertura de solo no inverno, pode-se notar que o tratamento com o sistema plantio direto novamente obteve o menor volume de infiltração acumulada (384,7 mm), além de que foi o tratamento que teve maior duração até ocorrer a estabilização da infiltração (150 minutos). O tratamento com subsolador convencional obteve a maior de infiltração acumulada, chegando a 707 mm e duração de 140 minutos. Já o tratamento com o descompactador rotativo Vollverini obteve uma infiltração acumulada ligeiramente menor que a do subsolador convencional (672,8 mm).

5 CONCLUSÃO

O descompactador rotativo com rolo faca Vollverini foi eficiente em relação à manutenção da cobertura vegetal no solo, já que os resultados obtidos demonstram uma igualdade na porcentagem de cobertura após a semeadura quando comparado com o sistema plantio direto.

Do ponto de vista da rugosidade do solo, não foram obtidos resultados conclusivos sobre qual a melhor opção de manejo do solo, visto que, os tratamentos não diferiram entre si.

Maiores taxas de infiltração e maior volume de água infiltrada foram observadas em áreas manejadas com o descompactador rotativo com rolo faca Vollverini.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. & SANTOS, J.R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **R. Bras. Eng. Agr. Amb.**, 6:136-141, 2002.
- AMBROSANO, E. J., GUIRADO, N., CANTARELLA, H., ROSSETTO, R., MENDES, P. C. D., ROSSI, F., ... & FOLTRAN, D. E. **Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. Informações Agronômicas**, v. 112, n. 1, p. 1-16, 2005.
- BARBIERI, M., DOSSIM, M. F., DALLA NORA, D., DOS SANTOS, W. B., BEVILACQUA, C. B., DE ANDRADE, N., ... & ANTONIOLLI, Z. I. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 122-134, 2019.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientiae Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p.555-560, 2001.
- BERTOL, I., AMARAL, A. J. D., VÁZQUEZ, E. V., GONZÁLEZ, A. P., BARBOSA, F. T., & BRIGNONI, L. F. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 543-553, 2006.
- BERTOL, I., PAZ GONZÁLEZ, A., & VIDAL VÁZQUEZ, E. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 103-110, 2007.
- CAMARA, R.K & KLEIN, V.A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 789-796, 2005.
- CARVALHO FILHO, A.; BONACIM, J. L. G.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C. Mobilização de um Latossolo Vermelho acriférrico em função de sistemas de preparo do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 1, n. 3, p. 1-2, 2008.

CARVALHO FILHO, A., CENTURION, J. F., SILVA, R. P. D., FURLANI, C. E., & CARVALHO, L. C. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 229-237, 2007.

CASTRO, L. G., COGO, N. P., & VOLK, L. B. D. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 339-352, 2006.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. A.; WIETHOLTER, S. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. **Embrapa**, Documento 141, 2012.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FURLANI, C. E. A., GAMERO, C. A., LEVIEN, R., SILVA, R. P. D., & CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 375-380, 2008.

GASSEN, J. R. F.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BELLÉ, M. P.; BONOTTO, G. J. Resistência específica à tração na operação de escarificação do solo em camadas de forma simultânea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 116-124, 2014.

GONÇALVES, G. S. **Mapeamento da compactação do solo em sistema de plantio direto na região da estrada de ferro**, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normais Climatológicas. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 13/01/2023

KAMPHORST, E.C.; JETTEN, V.; GUÉRIF, J.; PITKANEN, J.; IVERSEN, N.V.; DOUGLAS, J.T. & GONZÁLES, A.P. Predicting depression storage from soil surface roughness. **Soil Sc. Soc. Am. J.**, 64:1749-1758, 2000.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p.1550-1556, jul, 2010

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M. SCHROEDER, J. K.; PRETTO, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo

em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n.1, Edição Especial p. 2890–2998, 2014.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. **Plantio Direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 73 p.

MORENO, José Alberto. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, **Secretaria da Agricultura**, 42p. 1961.

PINHEIRO, A., TEIXEIRA, L. P., & KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 4, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.

PRANDO, M. B.; OLIBONE, D.; OLIBONE, A, P, E.; ROSOLEM, C, A.; Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:693-700, 2010

REIS, L. S., DA SILVA, E. D., BARROS, B. G. A., & DE OLIVEIRA, F. J. V. Compactação do solo: uma visão agrônômica e ambiental. **Research, society and development**, v. 11, n. 5, 2022.

RIBEIRO, M. A. V. Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade. 1999. 71p. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RICHART, A., TAVARES FILHO, J., BRITO, O. R., LLANILLO, R. F., & FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **semina: ciências agrárias**, 26(3), 321-343, 2005.

SILVA, R. P da, et al. **Compactação do solo, escarificação e subsolagem**. Material Didático. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campos Jaboticabal – SP, maio. 2005.

SOBRINHO, T, A.; VITORINO, A, C, T.; SOUZA, L, C, F.; GONÇALVES, M, C.; CARVALHO, D, F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.191-196, 2003

TABALDI, F., AMADO, T., GIRARDELLO, V., BRAGAGNOLO, J., HORBE, T., & HANSEN, F. **Escarificação Mecânica Localizada no Sistema de Plantio Direto com manutenção de cobertura vegetal na superfície do solo**, 2008

VASQUEZ, E.V. & DE MARIA, I.C. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de água en un Ferrasol. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 29., Ribeirão Preto, 2003. Resumo expandido. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

VELOSO DE MATOS, A.K.; Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, v.10, n.12, p.1-17/2010.

ZWIRTES, A. L., SPOHR, R. B., BARONIO, C. A., ROHR, M. R., & MENEGOL, D. R. Caracterização físico-hídrica de solos submetidos a diferentes manejos. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 4, n. 3, 2011.

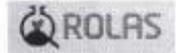
ANEXOS

ANEXO A - Laudo da análise de solo emitida pelo laboratório de solos da Universidade de Passo Fundo. Análise química completa de 0 – 10 e 10-20 cm.



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
LABORATÓRIO DE SOLOS

Rodovia BR 285 - Bairro São José - Campus I - Cx. Postal 611 - Passo Fundo-RS
CEP: 99001-970 - Fone: 5433168168 - E-mail: labsoleos@upf.br



Cliente: DANIELA BATISTA DOS SANTOS

CPF / CNPJ: 013.284.000-69

Endereço: - IBIRUBÁ/RS

Área:

Item Ensaiado: SOLO

Local de Coleta:

Recebimento: 04/09/2019

Emissão: 13/09/2019

Matrícula:

RESULTADO(S) DO(S) ENSAIO(S)
LAB. DE SOLOS
ANÁLISE DE SOLO QUÍMICA COMPLETA

Ensaio	Unidade	Amostras	
		4056/2019 0-10CM	4057/2019 10-20CM
TEOR DE ARGILA	%	56	65
POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)		5,4	5,0
ÍNDICE SMP		5,5	5,1
FÓSFORO	mg/dm ³	35,1	15,5
POTÁSSIO	mg/dm ³	158	40
MATÉRIA ORGÂNICA	%	3,5	2,6
ALUMÍNIO	cmolo/dm ³	0,2	1,5
CÁLCIO	cmolo/dm ³	6,16	3,32
MAGNÉSIO	cmolo/dm ³	2,92	1,69
ACIDEZ POTENCIAL (H+A)	cmolo/dm ³	7,7	12,3
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)	cmolo/dm ³	17,2	17,4
SATURAÇÃO POR BASES	%	55	29
SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO	%	2	23
SATURAÇÃO POR POTÁSSIO	%	2,3	0,6
ZINCO	mg/dm ³	7,20	0,58
COBRE	mg/dm ³	4,17	4,32
MANGANÊS	mg/dm ³	58,10	43,30
BORO	mg/dm ³	0,5	0,3
ENXOFRE	mg/dm ³	12,4	13,0

Observações



JACKSON BORCHAGIN
Eng. Agr. CREA-RS 183514
RN 221161599-6
Responsável Técnico

ANEXO B - Laudo da análise de solo emitida pelo laboratório de física e água do solo da Universidade de Passo Fundo. Análise física do solo de 0 – 10 e 10-20 cm.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO



FAMV - Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
AGRONOMIA

LABORATÓRIO DE FÍSICA E ÁGUA DO SOLO

BR 285 - km 292,7 - Campus 1 - Bairro São José - Passo Fundo/RS 99052-900- Fone:(54)3316-8199, Fax: (54)3316 8151

BOLETIM DE RESULTADOS DE ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

CLIENTE: Daniela Batista dos Santos

LOCAL:

MUNICÍPIO: Ibirubá

UF: RS

DATA: 13/09/2019

CÓDIGO: 325 P. 938

Tabela 1 – Composição do solo determinada pelo método do densímetro, utilizando solução Calgon e agitação recíprocante por 15 h, para dispersão, resultados expressos com base em massa de solo seco.

Amostra	Argila	Silte	Areia	Tipo de Solo ^(*)
				IN 02/2008 (MAPA)
	(%)			
0-10 cm	62	14	24	Tipo 3
10-20 cm	69	14	17	Tipo 3
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

(*) Definição do tipo de solo baseado no teor de argila, silte e areia, obtidos da análise da amostra de solo encaminhada ao Laboratório de Física e Água do Solo da FAMV/UPF pelo cliente.

PP

Eng.-Agr. *Vilson Antonio Klein*
RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA/RS 064262

RN 220086035-8

ANEXO C - Laudo da análise de solo emitida pelo laboratório de análises de solos, adubos, plantas e outros materiais da Universidade de Passo Fundo. Laudo de análise de solo de 0 – 10 e 10-20 cm.



**Famv - Faculdade Agronomia
e Medicina Veterinária**
Laboratório de Análises de Solos, Adubos, Plantas
e Outros Materiais

Laudo de Análise de Solo

Registro: 938/2019
Cliente: Daniela Batista dos Santos
Município: Ibirubá – RS
Material analisado: Solo

Data de Entrada: 04/09/2019
Data de Emissão: 24/09/2019
Localidade:

Análises Especiais		
Amostra	Co	Mo
	mg/kg	
0-10cm	24,49	165,22
10-20cm	21,77	55,07

Resultados obtidos com a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

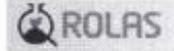

 Eng. Agr. Dr. Jackson Korchagin
 CREA-RS 183514
 RNP 221161599-6
 Responsável Técnico

ANEXO D - Laudo da análise de solo emitida pelo laboratório de solos da Universidade de Passo Fundo. Análise química completa de 0 – 10 e 10-20 cm (área 2).



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
LABORATÓRIO DE SOLOS

Rodovia BR 285 - Bairro São José - Campus I - Cx. Postal 611 - Passo Fundo-RS
CEP: 99001-970 - Fone: 5433188166 - E-mail: labsofos@upf.br



Cliente: DANIELA BATISTA DOS SANTOS

CPF / CNPJ: 013.284.000-69

Endereço: - IBIRUBÁ/RS

Área:

Item Ensaiado: SOLO

Local de Coleta: TRAMONTINI - PROF. DANIELA

Recebimento: 04/09/2019

Emissão: 13/09/2019

Matricula:

RESULTADO(S) DO(S) ENSAIO(S)
LAB. DE SOLOS
ANÁLISE DE SOLO QUÍMICA COMPLETA

Ensaio	Unidade	Amostras	
		4058/2019 AREA 2 - 0- 10CM	4059/2019 AREA 2 - 10- 20CM
TEOR DE ARGILA	%	54	66
POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)		5,7	5,5
ÍNDICE SMP		5,9	5,7
FÓSFORO	mg/dm ³	>51,0	20,4
POTÁSSIO	mg/dm ³	136	55
MATÉRIA ORGÂNICA	%	2,7	2,3
ALUMÍNIO	cmolo/dm ³	0	0
CÁLCIO	cmolo/dm ³	5,86	5,26
MAGNÉSIO	cmolo/dm ³	2,94	2,62
ACIDEZ POTENCIAL (H+A)	cmolo/dm ³	4,9	6,2
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)	cmolo/dm ³	14,0	14,2
SATURAÇÃO POR BASES	%	65	56
SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO	%	0	0
SATURAÇÃO POR POTÁSSIO	%	2,5	1,0
ZINCO	mg/dm ³	1,62	0,78
COBRE	mg/dm ³	3,92	4,74
MANGANÊS	mg/dm ³	41,30	32,50
BORO	mg/dm ³	0,4	0,4
ENXOFRE	mg/dm ³	5,8	2,5

Observações



JACKSON KORCHAGIN
Eng. Agr. CREA-RS 183514
RN 221161599-6
Responsável Técnico